

4-2 解析結果

4-2-1 バンドの選定

(1) Soamanonga地区

Soamanonga地区の地形図及び地質図をFig. 4-3とFig. 4-4にそれぞれ示す。当地区はOnilahy川の中流部に位置し、水系の発達する北部は植生がやや密なことが予想される。当地区の南部には花崗岩の貫入岩体が分布し、その周囲の二畳系及び先カンブリア界中に金銀を伴う鉱染状斑銅鉱床が分布している。しかし、既存地質図からは、鉱床分布と地質との関連性は、必ずしも明瞭には読み取れない。

Soamanonga地区のTMバンド145, 157, 457のフォールスカラー画像をそれぞれFig. 4-5, 4-6, 4-7に示す。バンド145の組み合わせでは、植生の密な部分が緑色に発色し、植生の疎な部分とのコントラストが明瞭である。一方、岩相の違いは、花崗岩体が識別できる程度で、先カンブリア界中の岩相変化は、それ程明瞭ではない。バンド157の組み合わせでは、先カンブリア界中の岩相変化は明瞭であるが、二畳系から三畳系の堆積岩類の識別は困難である。バンド457の画像では、先カンブリア界の岩相変化も比較的明瞭であり、堆積岩類の岩相区分も可能である。

Soamanonga地区のTMバンド3/2, 4/3, 5/7の比演算画像をFig. 4-8, 4-9, 4-10にそれぞれ示す。バンド3/2の比演算画像では、3/2比が高い画素が花崗岩及び先カンブリア界の分布域に集中している。また、先カンブリア界中でも石灰岩の分布域では、3/2比が低くなっている。一般に、TMバンド3/2の比演算処理は鉄酸化物の抽出に有効と考えられており、Soamanonga地区においても、磁鉄鉱等の鉄鉱物を含む岩石の表面が酸化し、3/2比が高いゾーンとして抽出されたと考えられる。バンド4/3は植生分布を抽出するのに有効な比演算処理であり、当地区においても植生分布の密なゾーンが4/3比が高いゾーンとして抽出された。バンド5/7は粘土鉱物の赤外線吸収ピークがTMのバンド7に位置することから、粘土鉱物分布域の抽出に有効であると考えられている。当地区で5/7比が高いゾーンは4/3比の高いゾーンと良い相関を示している。4/3比の高いゾーンは前述したように植生分布が密なゾーンに対応すると予想され、そのようなゾーンには、植物が繁茂するために十分な表層物質が分布していると考えられる。表層物質は一般に、粘土鉱物と石英、長石などを主体とする風化生成物と有機物から構成され、粘土鉱物の量

比が岩石に比較して高いことが予想される。従って、当地区においてバンド5/7比は表層物質の分布を反映しているものと考えられる。

バンド4/3及び5/7の比演算結果を用いたDPCA画像をFig. 4-11に示す。当画像では主成分2をシュードカラー表示した。DPCA処理は、植生の影響を除去して粘土鉱物あるいは炭酸塩鉱物等TMバンド7の波長域に赤外線吸収ピークを持つ鉱物の分布を明瞭にすることに有効であるとされている。Soamanonga地区のDPCA画像では、先カンブリア界中の石灰岩層が良く抽出されたが、原岩中に多量の粘土鉱物を含有すると予想される二畳系の分布域では主成分2は一般に低く、当画像が粘土鉱物の分布を表現しているとは言えない。

Fig. 4-12にSoamanonga地区の画像を使用して作成した地質判読図を示す。既存地質図に比較して、各地層の分布がより正確に捕えられた他、既知の銅鉱床の多くが断層及び推定断層の近傍に位置しており、鉱床の形成に裂隙系の存在が影響を及ぼしたことが推定される。変質帯可能域と既存鉱床分布との関連性はあまり明瞭ではないが、既知鉱床の多くがバンド3/2比の高いゾーンの内側あるいはその近傍に分布している。

(2) Tranomaro地区

Tranomaro地区の地形図及び地質図をFig. 4-13とFig. 4-14にそれぞれ示す。当地区はMandrare川の上流部に位置し、東部は標高1,000mを超える山岳地帯となっている。東部の山地には花崗岩コンプレックスが分布し、中央部から西部にかけては、先カンブリア界の変成岩類が主体をなす。花崗岩コンプレックスと先カンブリア界の境界部付近の標高の比較的低い地帯にウラノトリアナイト鉱床が多数分布している。これらの鉱床は既存資料によれば、先カンブリア界の輝岩を母岩としている。

Tranomaro地区のTMバンド145, 157, 457のフォールスカラー画像をそれぞれFig. 4-15, 4-16, 4-17に示す。バンド145の組み合わせでは、花崗岩コンプレックスと先カンブリア界の区分は不明瞭である。バンド157の組み合わせでは、花崗岩コンプレックスと先カンブリア界の識別はある程度可能であるが、先カンブリア界中の岩相区分は困難である。バンド457の画像では、花崗岩コンプレックスと先カンブリア界の識別が容易であり、かつ、先カンブリア界中の岩相区分も可能である。

Tranomaro地区のTMバンド3/2, 4/3, 5/7の比演算画像をFig. 4-18, 4-19, 4-20にそれぞれ示す。バンド3/2の比演算画像では、3/2比が高い画素が標高の低い地帯に集中している。これは、鉄

酸化物の形成が気候条件により規制されたことを示唆するかも知れない。バンド4/3比が高いゾーンは、Mandrare川が蛇行して北流する地帯と一致しており、植生密度の高いゾーンを抽出していると考えられる。バンド5/7比が高いゾーンは4/3比の高いゾーンと良い相関を示している。このことは、5/7比が粘土鉱物を多量に含む表層物質の分布を反映しているためと考えられる。

バンド4/3及び5/7の比演算結果を用いたDPCA画像をFig. 4-21に示す。当画像では主成分2をシュードカラー表示した。DPCA画像では、東部の花崗岩コンプレックス及び先カンブリア界のAntsakaomiry層が主成分2の高いゾーンとして抽出されたが、目的とした粘土鉱物の分布域は抽出されなかった。

Fig. 4-22にTramonaro地区の画像を使用して作成した地質判読図を示す。既存地質図に表現されていない褶曲構造が抽出されたが、レンズ状の花崗岩体の分布は既存地質図以上には捕えることはできなかった。ウラノトリアナイト鉱床の分布は、バンド5/7比の高いゾーンと良く一致する。

以上の結果に基づき、フォールスカラーについては、バンド457の組み合わせが地質判読に最適な画像であると判断した。比演算画像については、バンド5/7比が粘土鉱物の分布を良く反映していると考えられるため、変質帯の抽出に最適であると判断した。

4-2-2 画像判読

調査地域全域をカバーするTMバンド457のフォールスカラーモザイク画像をFig. 4-23に、同じくTMバンド5/7の比演算モザイク画像をFig. 4-24に示す。

Fig. 4-25及びPL. 1にはこれらの画像を用いた判読結果を示す。判読作業には縮尺1/500,000及び1/200,000のカラープリントを使用した。当地域の写真地質学的画像判読は、初年度にTMバンド234のフォールスカラー画像を使用して実施済みなため、今年度の判読作業は、初年度判読図の部分的修正に留めた。各判読単元の写真地質学的特徴及び判読結果から判明した地質構造については、初年度の報告書に詳しく述べられているので、ここでは省略する。また、TMバンド5/7の比演算画像からは、変質帯の可能性の高いゾーンとして、5/7比の高いゾーンを抽出した。

Fig. 4-25で、TMバンド5/7比の高いゾーンは次の3地域に主に分布することが判明した。

- ① 地域北西端の二畳系下部～三畳系下部堆積岩類が分布する地域
- ② 地域東部の環状陥没構造沿い及びその内側に分布する複合火成岩体の一部
- ③ 地域南西端の低地帯

なお、②の環状陥没構造について、フォールスカラー画像の判読からは、その北側の構造のみが明瞭に判読されたが、5/7の比演算画像により、環状構造が南側にも連続することが推定される。

4-2-3 判読結果の考察

5/7比の高い3地域について、以下のような考察が可能である。

(1) 地域北西端の二畳系下部～三畳系下部堆積岩類が分布する地域

この地域の周囲には、先カンブリア界の変成岩類及び花崗岩類が分布し、これらの岩石に比較して、当地域に分布する堆積岩類は、元来粘土鉱物を多く含有しており、かつ、風化作用に対する抵抗力が低いことから地表には粘土鉱物を多量に含有する表層物質が形成されている可能性が高い。

(2) 地域東部の環状陥没構造沿い及びその内側に分布する複合火成岩体の一部

環状陥没構造に沿って、急崖が形成されていることから、その直下に形成された崖錐堆積物が多量の粘土鉱物を含有しているため、バンド5/7比の高いゾーンとして抽出されたものと考えられる。あるいは、環状陥没構造に沿って熱水の流動が生じ、結果として粘土化帯が形成されている可能性もある。

環状構造内部の複合火成岩体分布域の5/7比異常には、岩相の違いは反映しておらず、何らかの要因による変質帯が形成されている可能性がある。

(3) 地域南西端の低地帯

この地域には主に始新世海成層及び第四系が分布し、これらは元来粘土鉱物を多量に含有す

ると推定される。また、先カンブリア界の分布域もこうした新期の堆積物に薄く覆われていることが、フォールスカラー画像の判読から推定される。

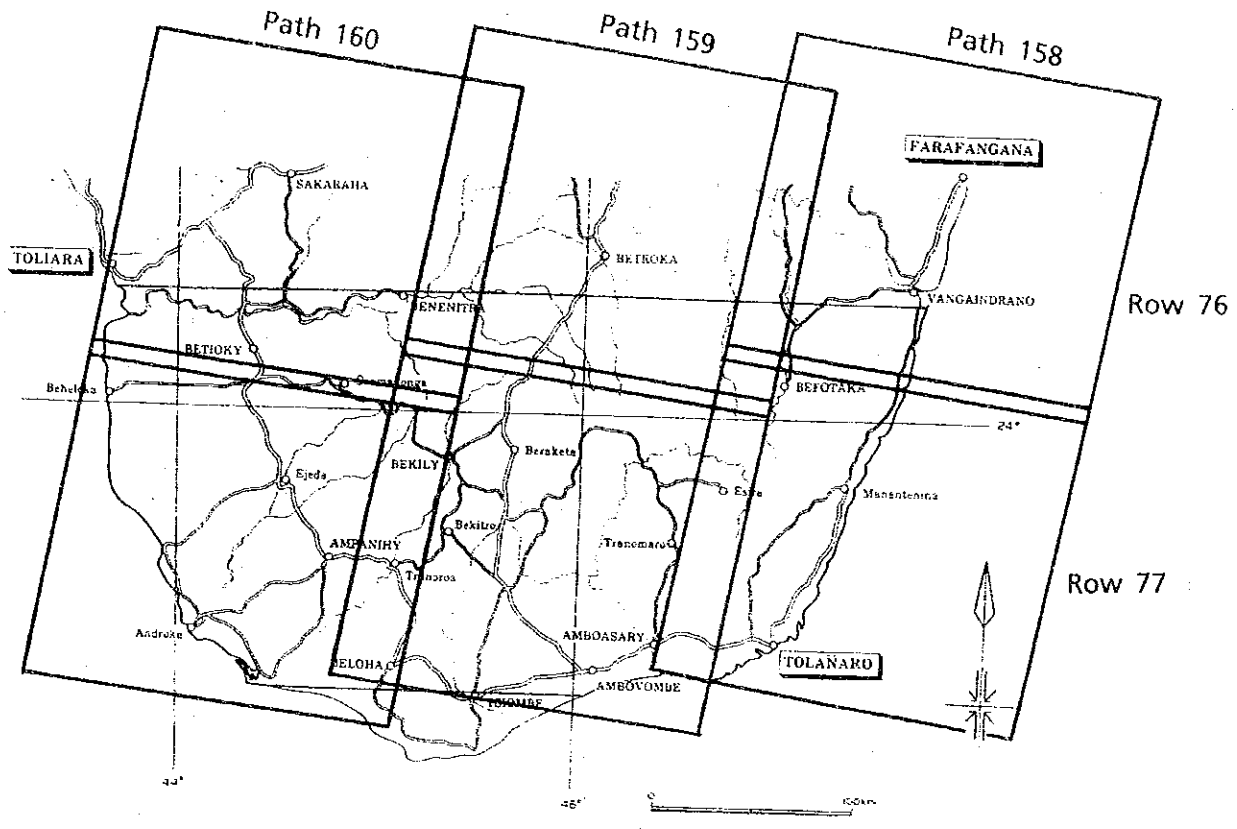
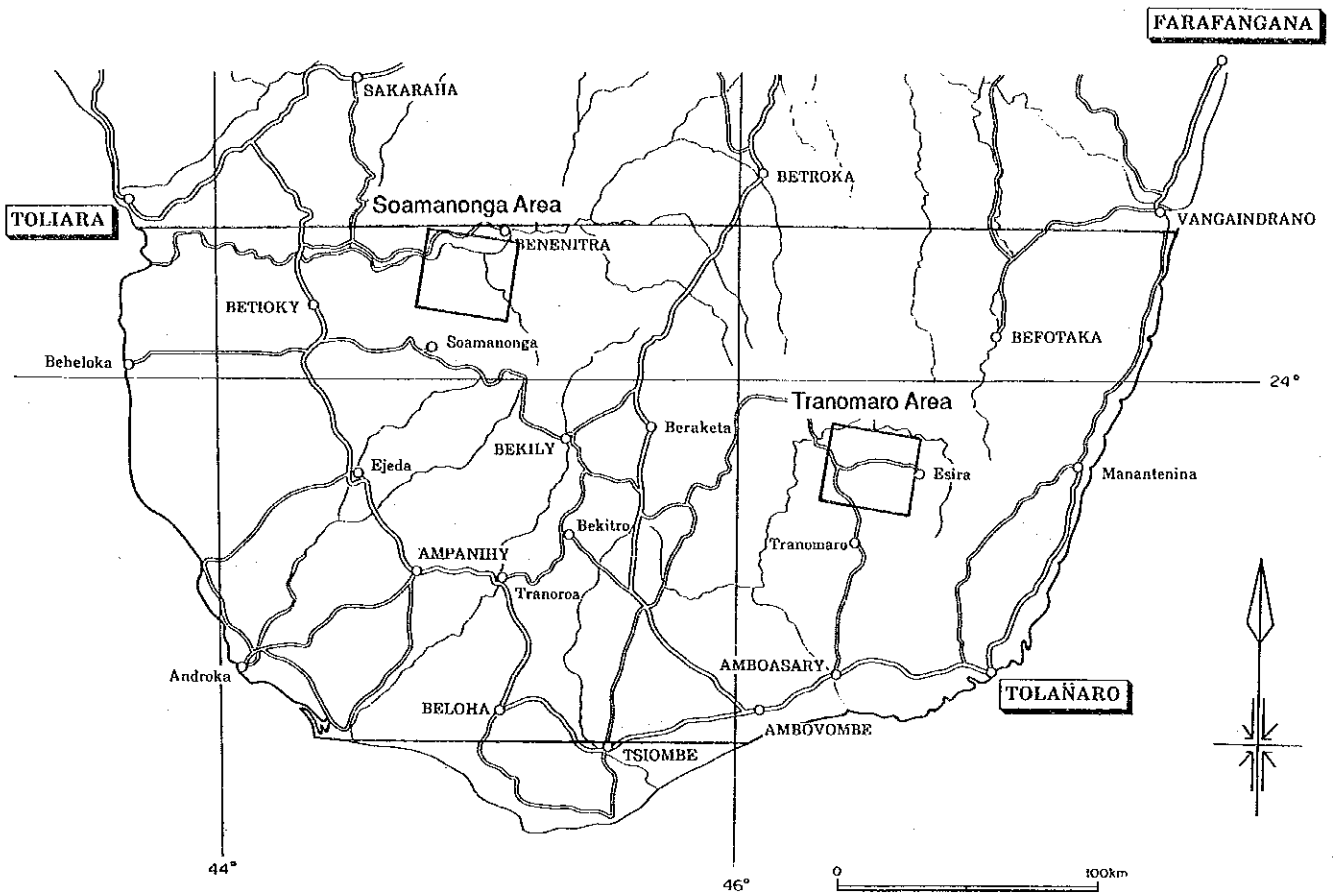






Fig.4-1 Location of LANDSAT TM data

Table 4-1 LANDSAT TM data list

	Satellite	Data Form	Sensor	Path	Row	Date	Cloud cover	Distributor
1	L5	CCT	TM	158	76	Nov.25,1984	20%	EOSAT
2	L5	CCT	TM	158	77	Nov.25,1984	20%	EOSAT
3	L5	CCT	TM	159	76	Jan.19,1985	10%	EOSAT
4	L5	CCT	TM	159	77	Jan.19,1985	10%	EOSAT
5	L5	CCT	TM	160	76	Feb.11,1985	10%	EOSAT
6	L5	CCT	TM	160	77	Feb.11,1985	10%	EOSAT



LEGEND

-  Survey Area of Phase I
-  Road
-  City, Town
-  River

INDEX MAP

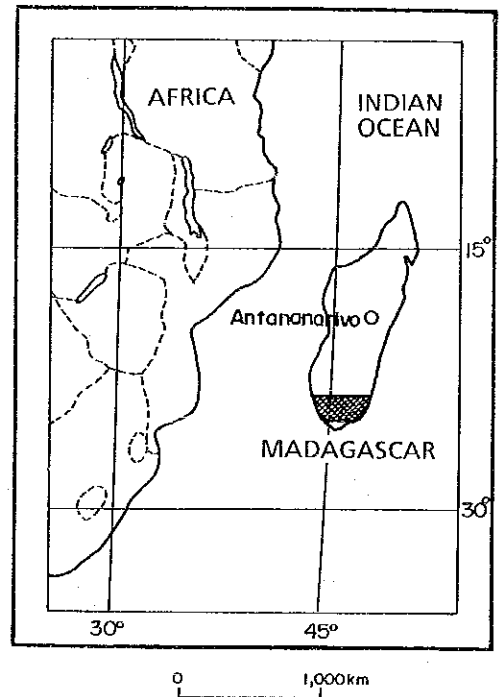


Fig.4-2 Location of Soamanonga area and Tranomaro area



0 10 km

LEGEND












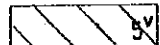
-  Alluvium
- Permian - L. Triassic**
-  K4 upper Sakamena group
-  K3 middle and lower Sakamena group
-  marine limestone
-  K2 upper Sakoa group
-  K1 lower Sakoa group
-  granite
-  stratiform granite
-  C marble
-  amphibolite
-  copper
- Precambrian**
-  Sv Vohibory system gneiss, leptinite, amphiboleite

Fig.4-4 Geologic map of Soamanonga area

17-5

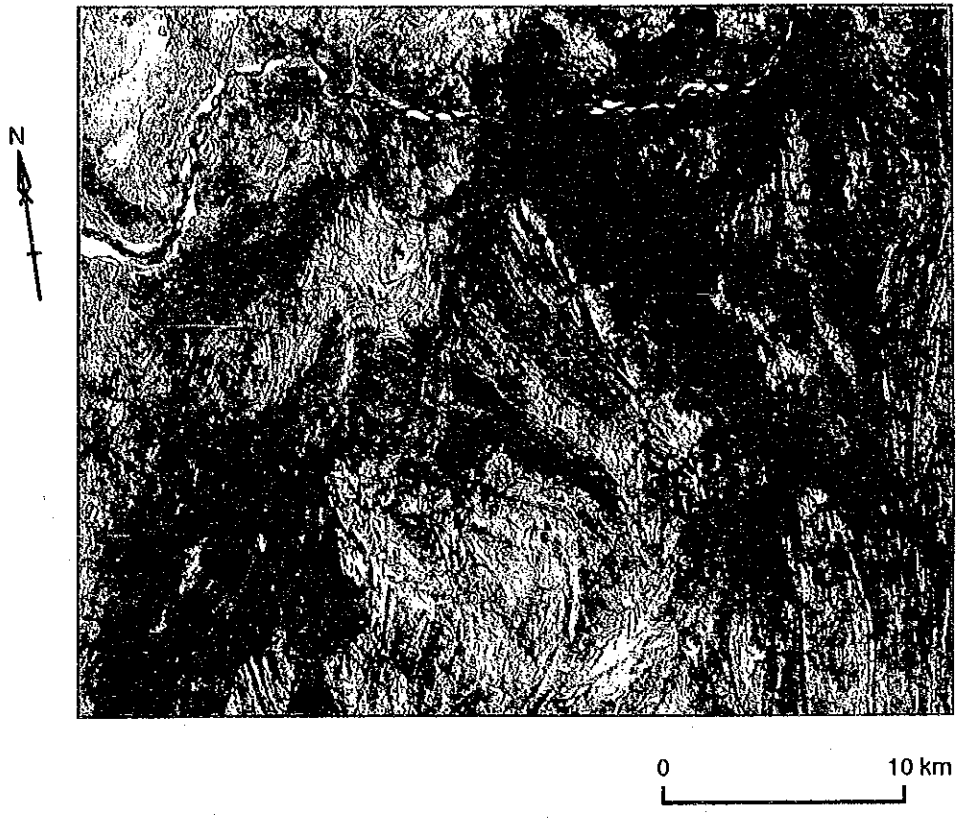


Fig.4-5 False color image of band145=BGR of Soamanonga area

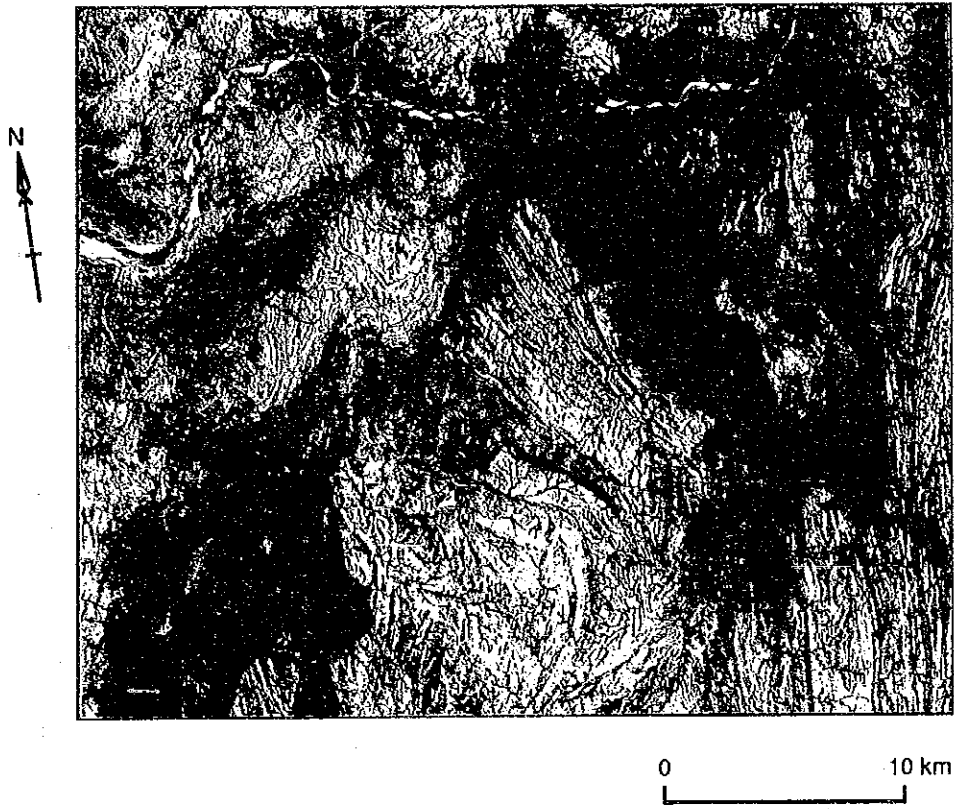


Fig.4-6 False color image of band157=BGR of Soamanonga area

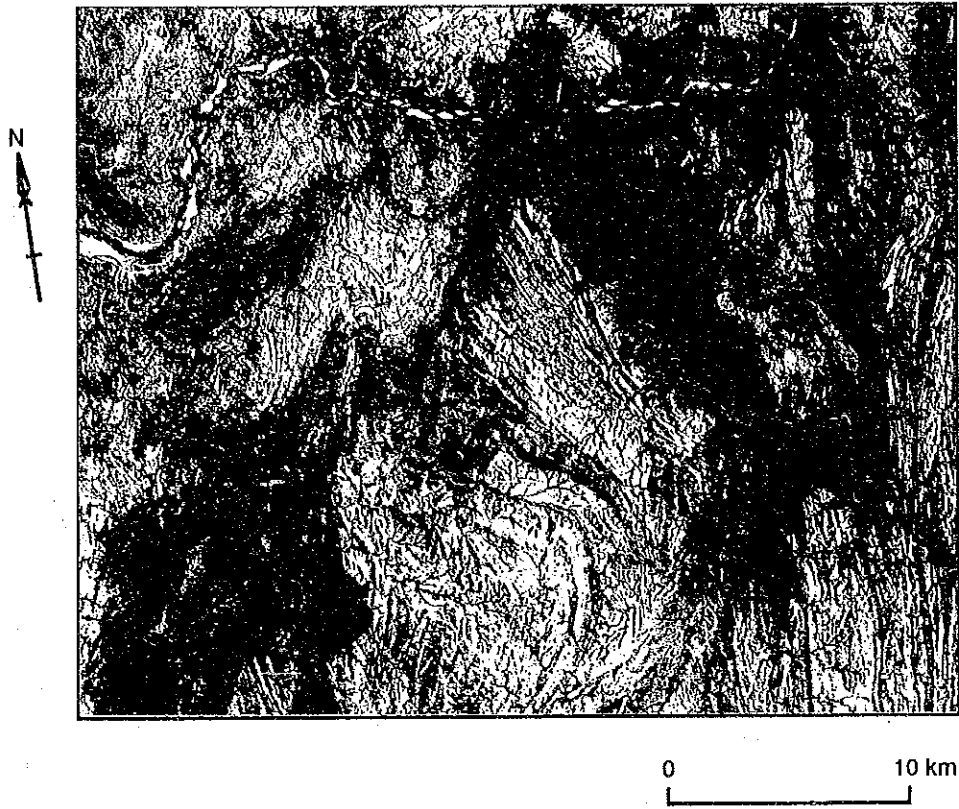


Fig.4-7 False color image of band457=BGR of Soamanonga area

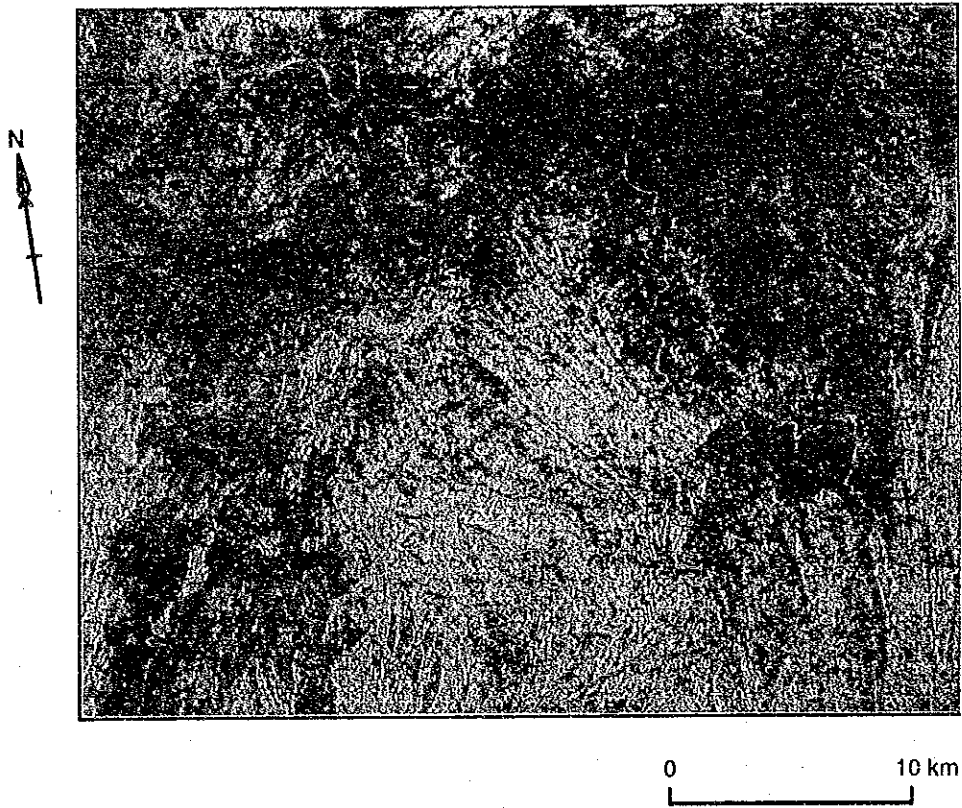


Fig.4-8 Pseudo color image of band3/band2 ratio of Soamanonga area

17-9

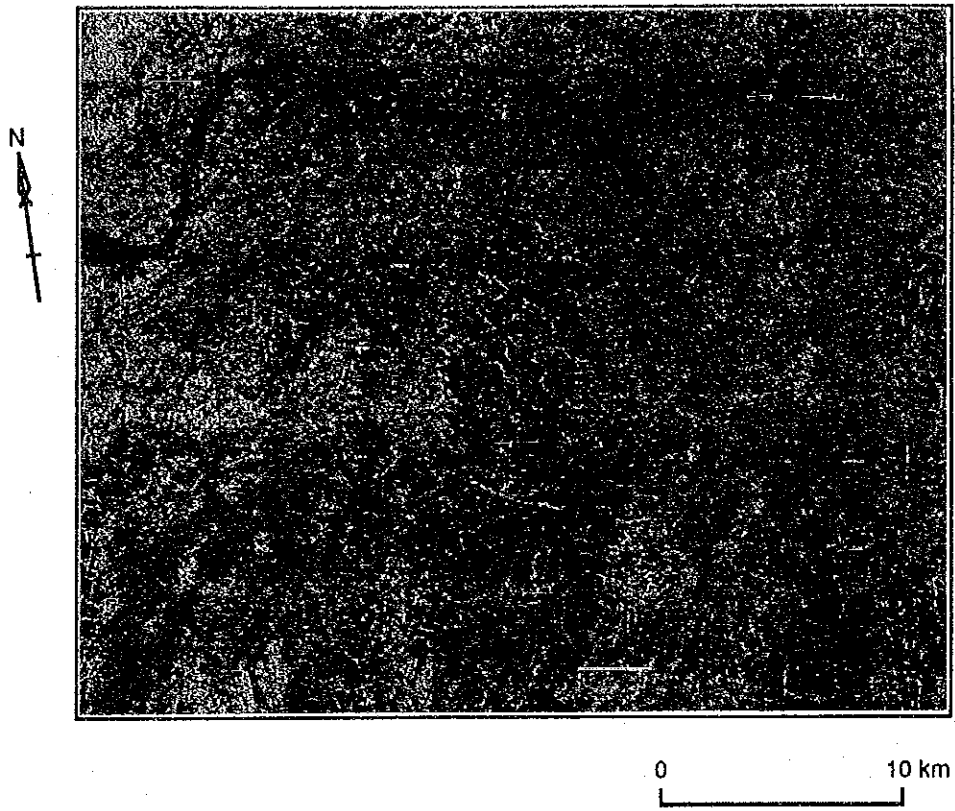


Fig.4-9 Pseudo color image of band4/band3 ratio of Soamanonga area

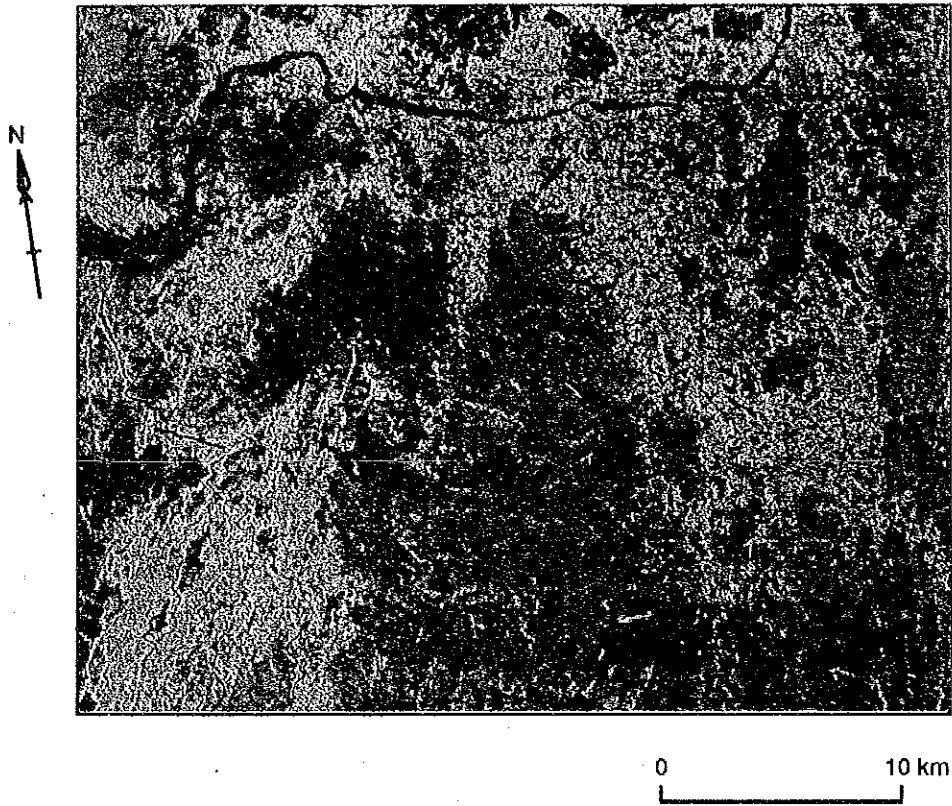


Fig.4-10 Pseudo color image of band5/band7 ratio of Soamanonga area

11-61

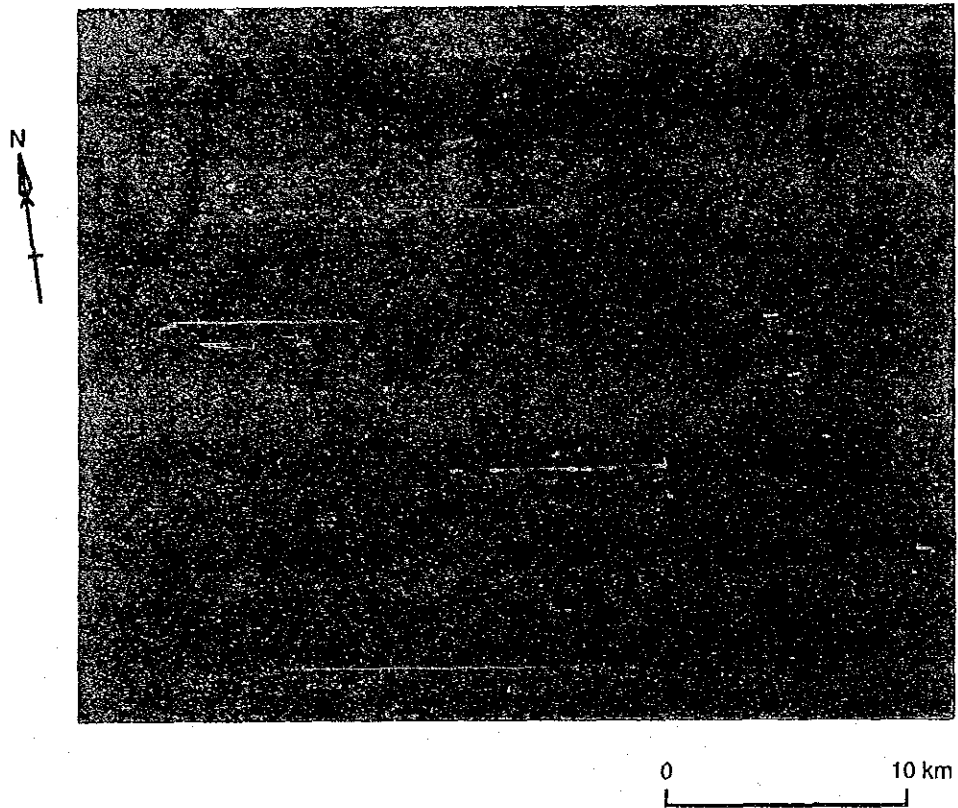
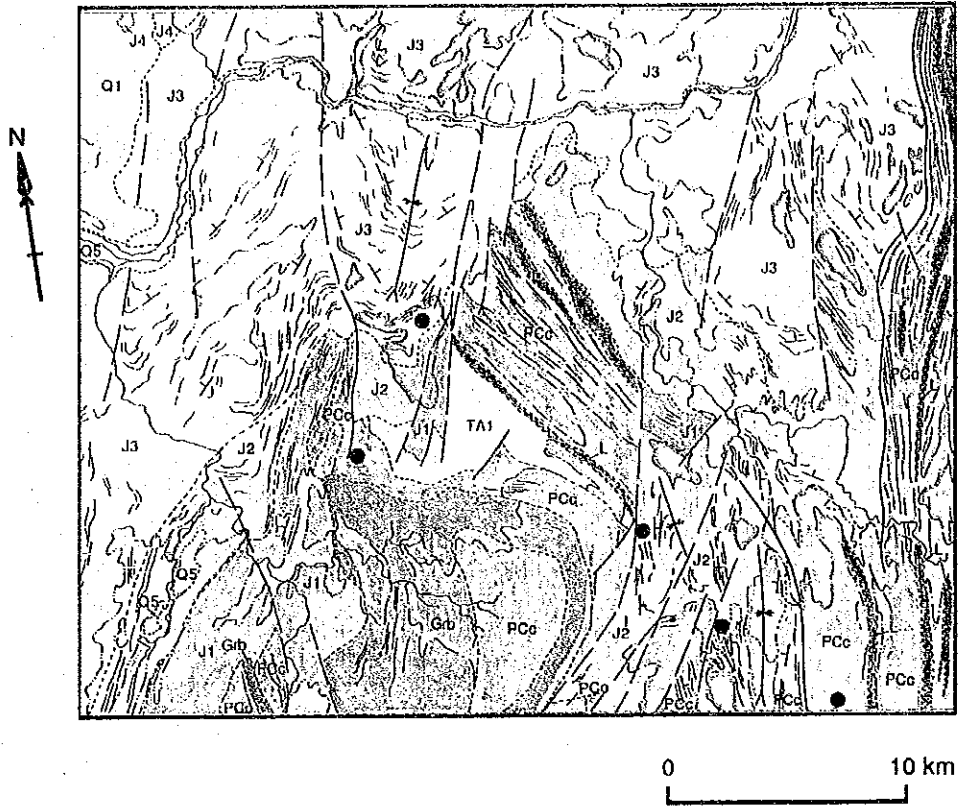


Fig.4-11 DPCA image of Soamanonga area

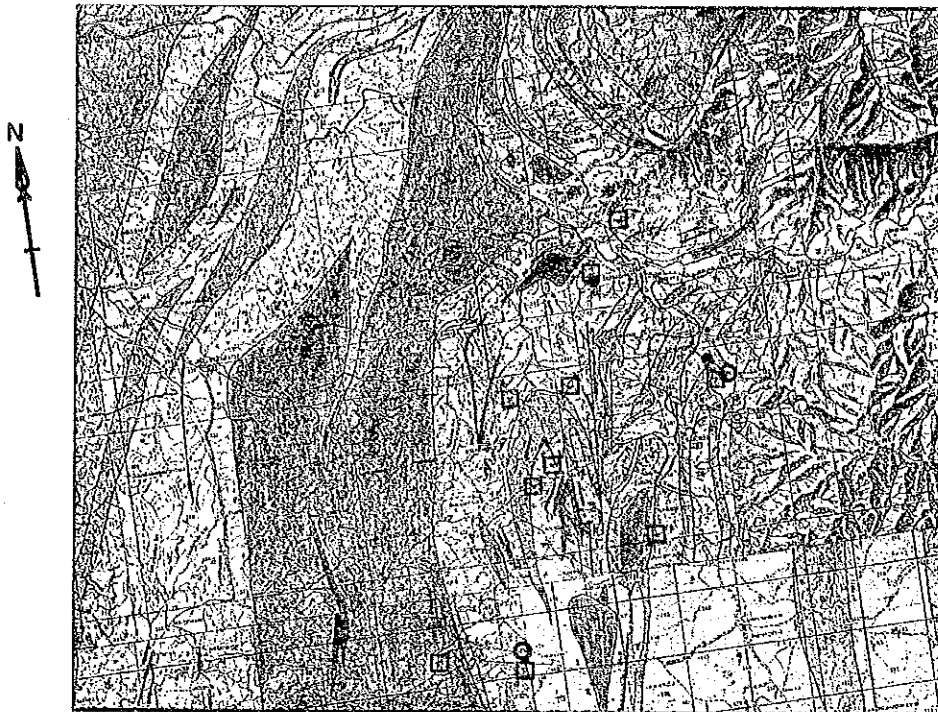


LEGEND

- | | | |
|------------------------------------|-----------|---------------------------------|
| Quaternary | ————— | fault |
| Q5 alluvium | - - - - - | inferred fault |
| Q1 Carapace sand | * — * | syncline |
| U. Permian - L. Triassic | T | dip direction |
| J4 upper Sakamena group | ~~~~~ | bedding trace |
| J3 middle and lower Sakamena group | ◌ | anomaly of TM band3/band2 ratio |
| L. Permian | ◌ | anomaly of TM band5/band7 ratio |
| J2 upper Sakoia group | ● | copper mineralization |
| J1 lower Sakoia group | | |
| Precambrian | | |
| PCc Vohibory system | | |
| L marble | | |
| Grb granite | | |
| TA1 tonal anomaly | | |

Fig.4-12 Interpretation map of images of Soamanonga area

17-13



0 10 km

LEGEND

Miocene		Alluvium				
Neogene		Andranabo Series; Mudstone, sandstone				
Recent (Recent Rocks)		Batah-Dolerite d&e		Rhyolite d&e		Microgranite
Old igneous Rocks		Granite d&e		Granite		Microsyenite
		Labradorite		Serpentine		Gabbro
		Augen gneiss		Granitic gneiss		Orthogneiss
		Concordant granite		Granitic complex		Porphyritic granite
		Anisyenne Granite		Stratiform granite, migmatitic granite		Alah granite
		Pyroxenite		Charnockite		Dunite
Precambrian Crystalline Schist						
Common facies in different formations		Graphite		Quartzite		Marble
Vohibory System (Vohibory Group)		Gneiss		Leptinite		Amphibolite
Graphite System (Ampanihy Group)		Gneiss		Leptinite		
Androyen System		Gneiss		Mafely Bed; Gneiss, marble		
		Lantsitra Bed; Leptinite		Ambe Bed; Gneiss, quartzite		
		Tsimaha Bed; Leptinite		Tranomaro Bed; Gneiss, marble, pyroxenite		
		Anisaomary Bed; Leptinite, quartzite, gneiss, pyroxenite				
Fort-Dauphin Group		Leptinite, granulite, gneiss		Leptinite		Granitic rock
Signs		Dip < 45°		Dip > 45°		Vertical
	Overturned anticline		Overturned syncline		Schistosity	
	Mylonite		Pegmatite		Quartz vein	
	Mine		Tunnel		Open pit	
			Anticline		Syncline	
			Phonging axis		Visible fault	
			Presumed fault			

Fig.4-14 Geologic map of Tranomaro area

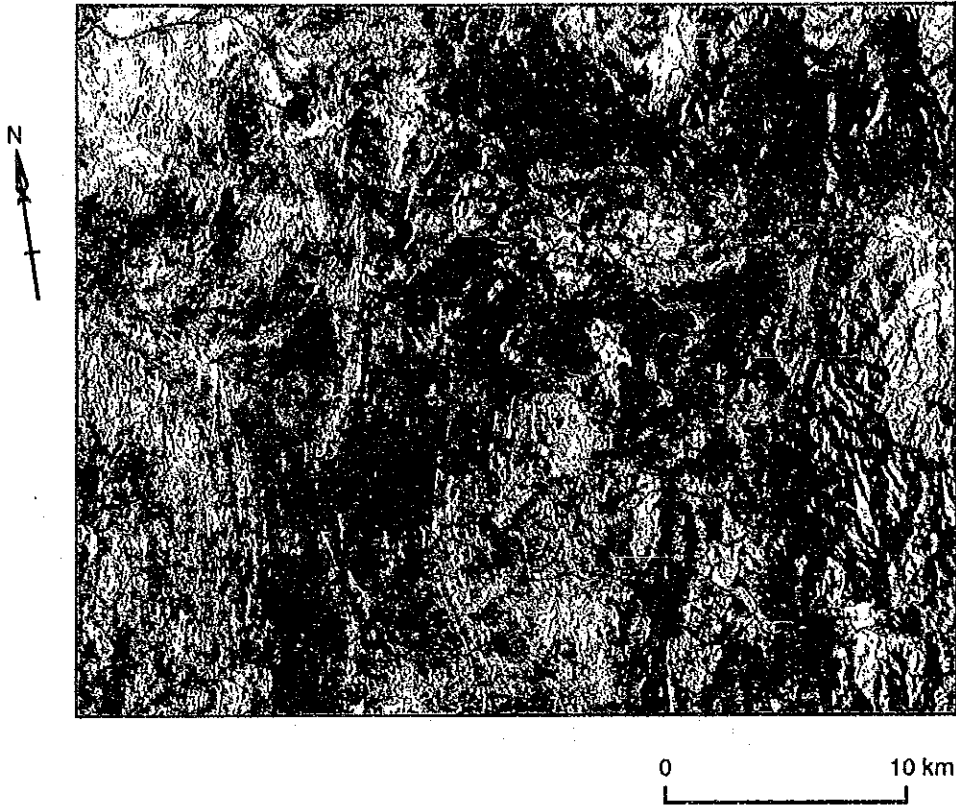


Fig.4-15 False color image of band145=BGR of Tranomaro area

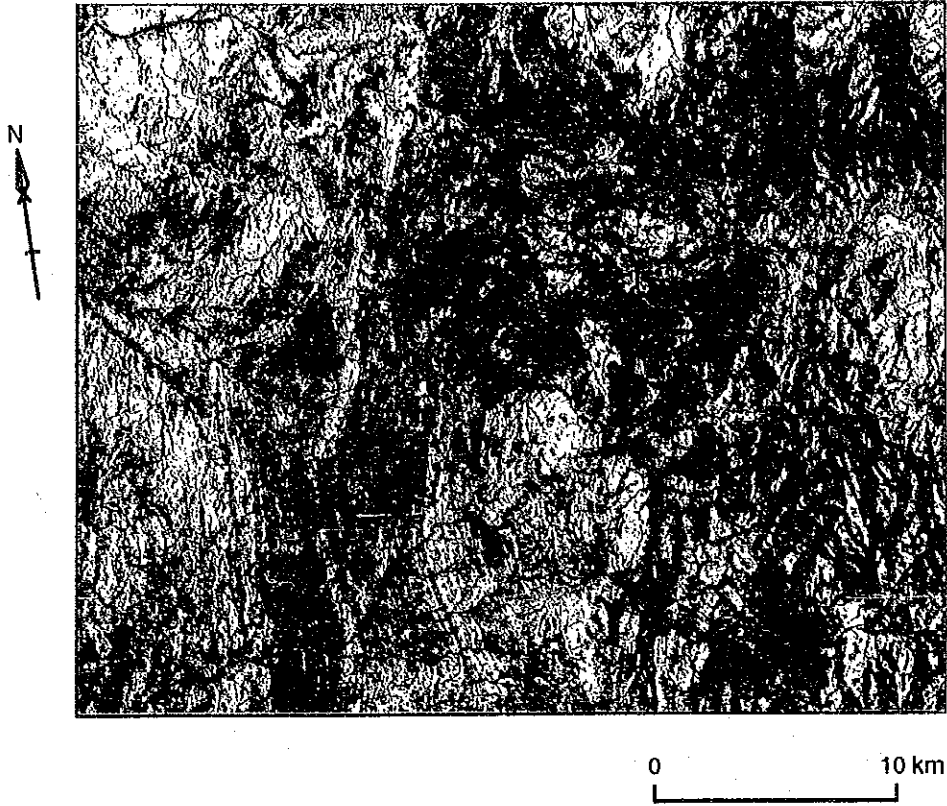


Fig.4-16 False color image of band157-BGR of Tranomaro area

17-17

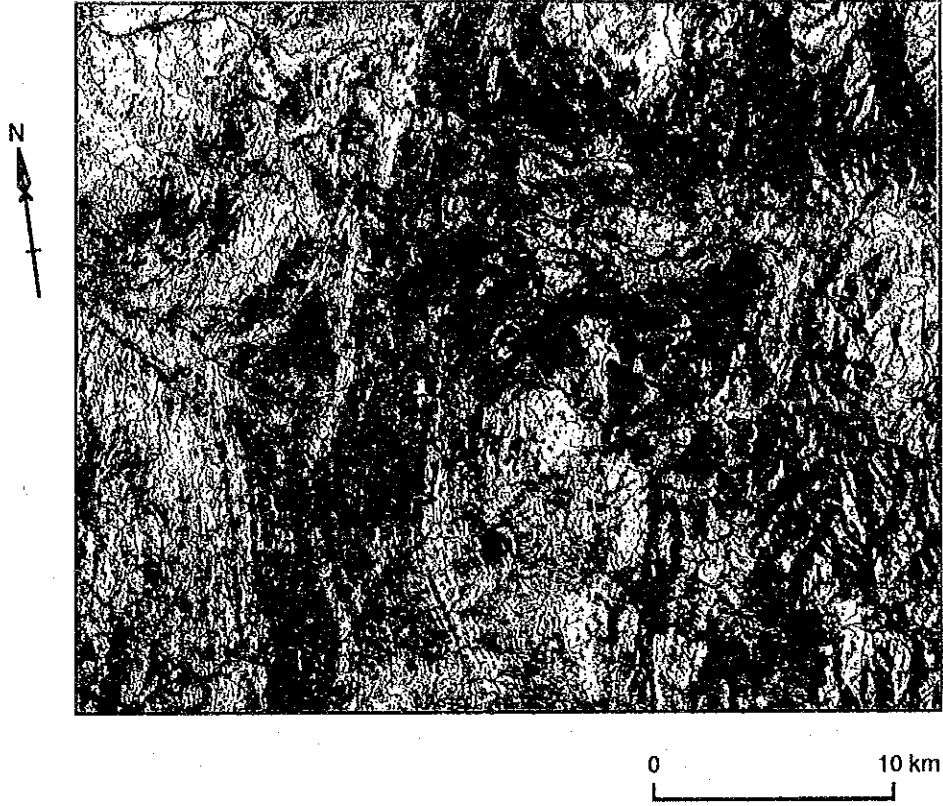


Fig.4-17 False color image of band457=BGR of Tranomaro area

17-18

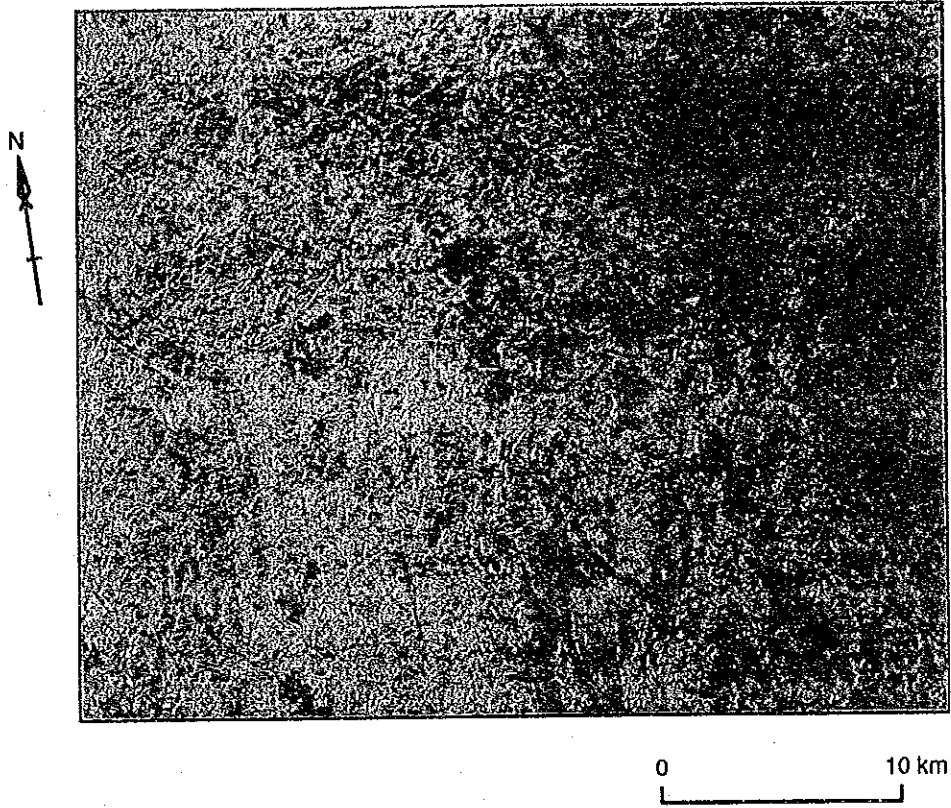


Fig.4-18 Pseudo color image of band3/band2 ratio of Tranomaro area

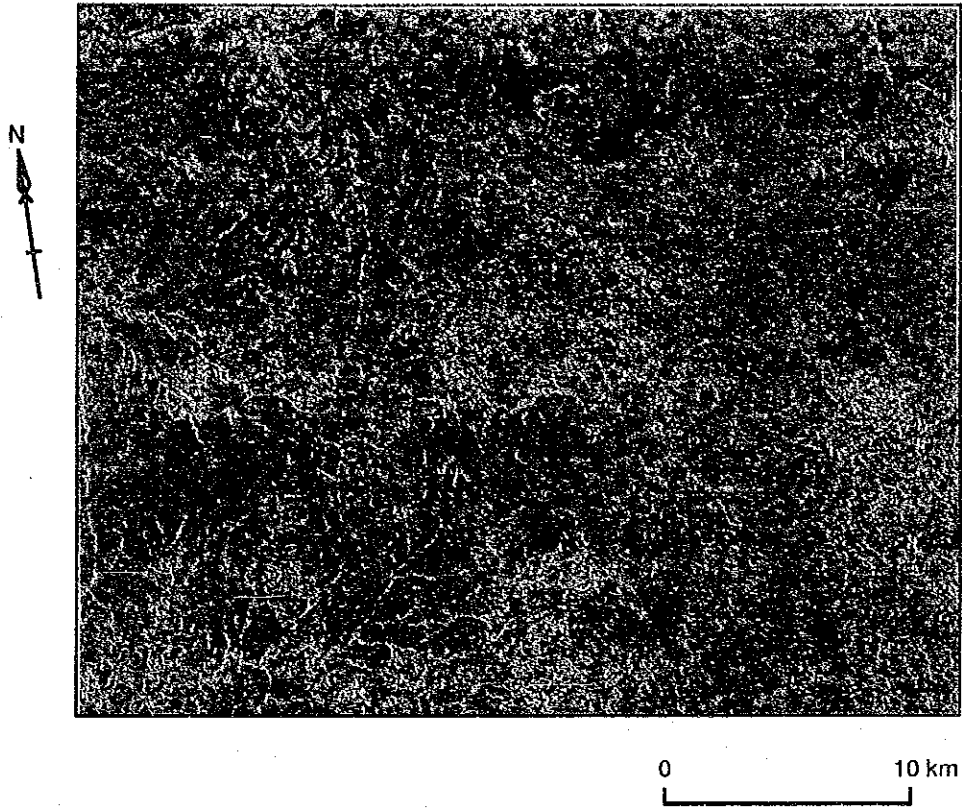


Fig.4-19 Pseudo color image of band4/band3 ratio of Tranomaro area

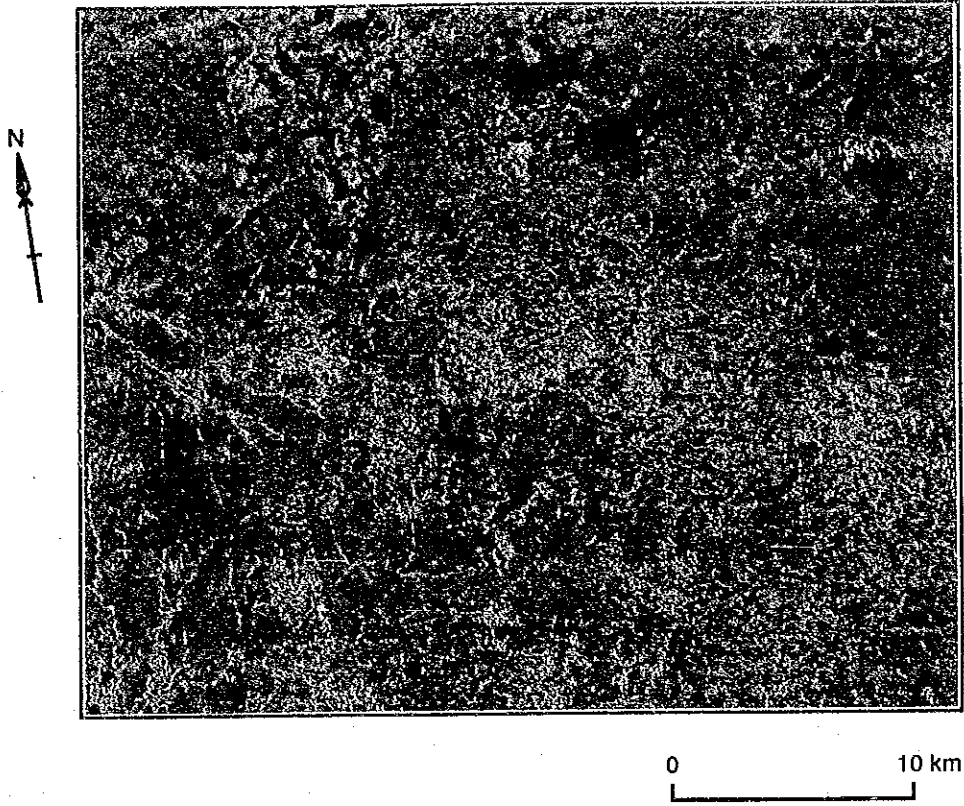


Fig.4-20 Pseudo color image of band5/band7 ratio of Tranomaro area

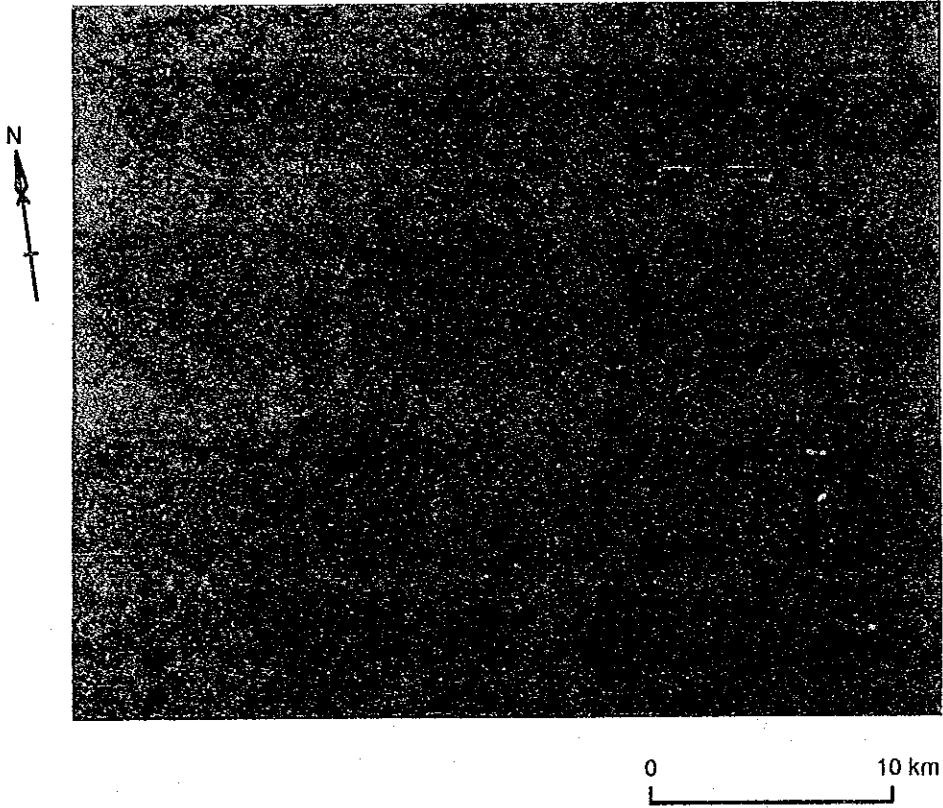
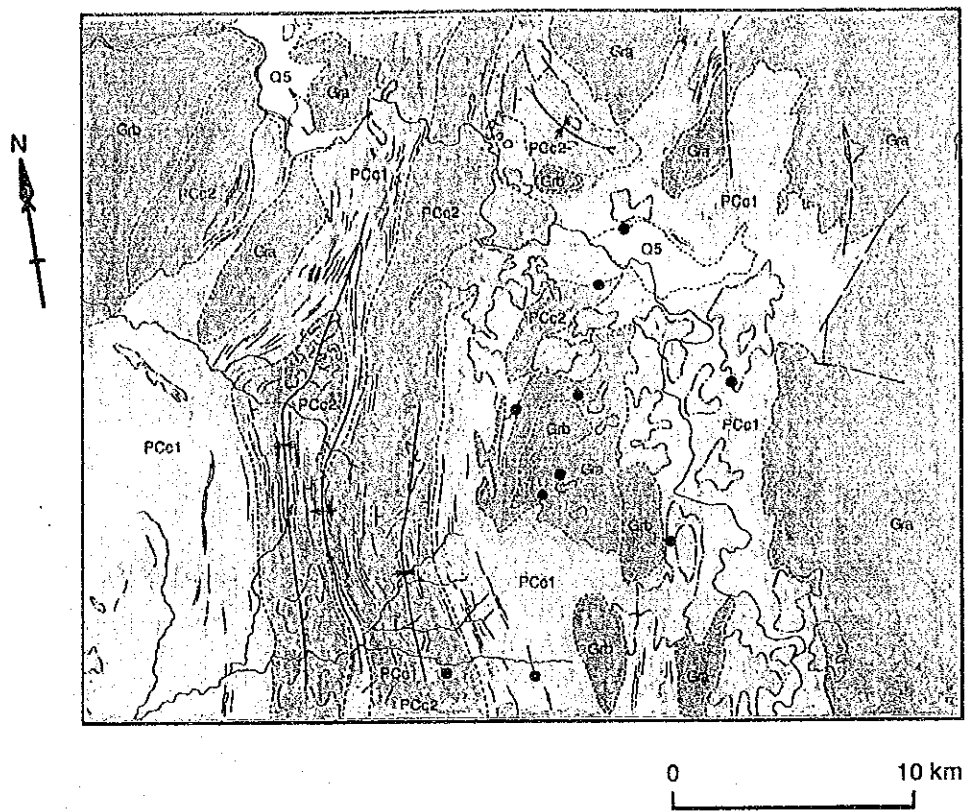


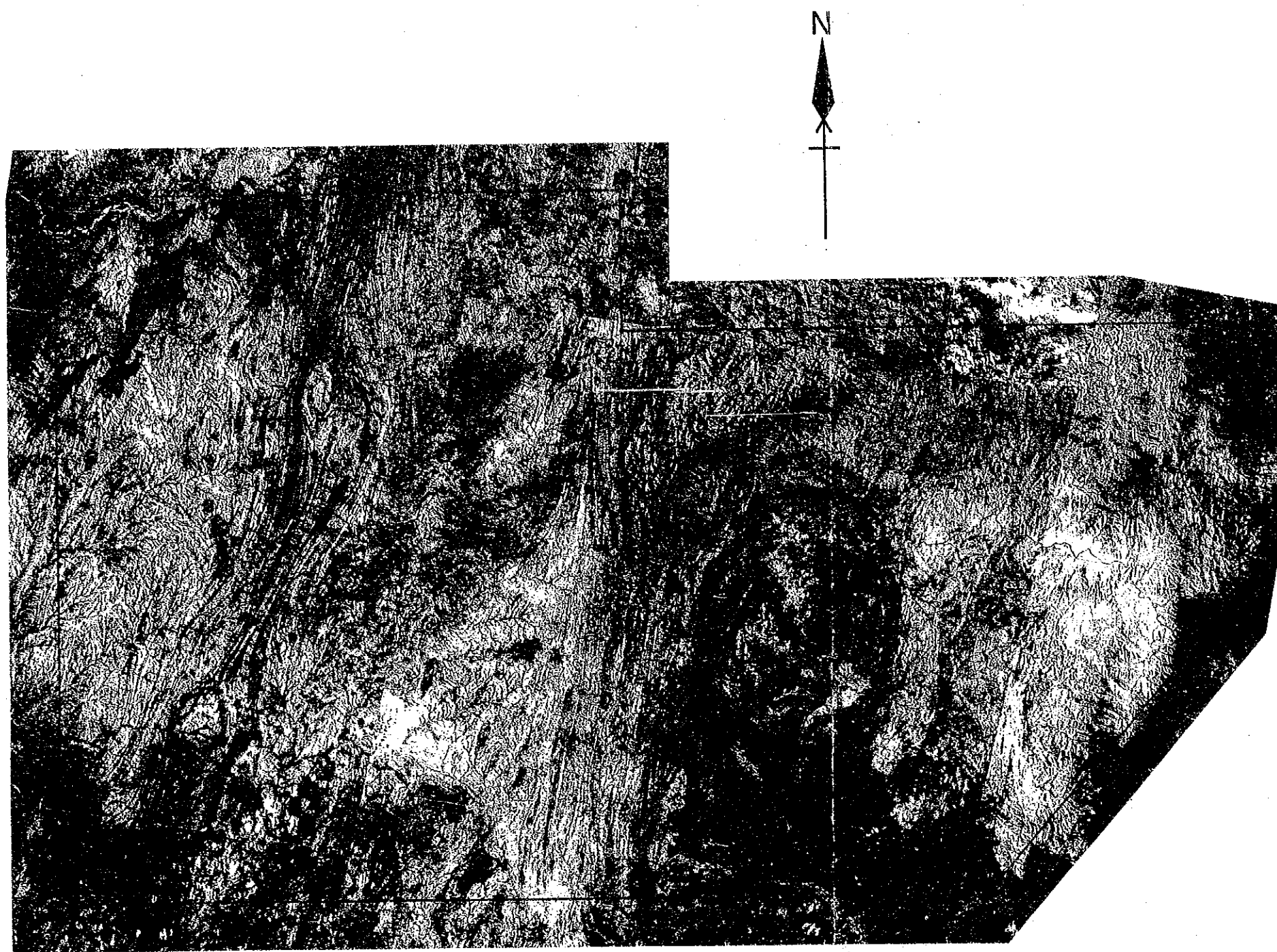
Fig.4-21 DPCA image of Tranomaro area



LEGEND

Quaternary	---	inferred fault
Q5 alluvium		
Precambrian	*---	syncline
PCc2 Antsakoaminary bed	↑---	anticline
PCc1 Tranomaro bed	—	dip direction
Gra granitic complex	~~~~~	bedding trace
Grb concordant granite	~~~~~	anomaly of TM band5/band7 ratio
	●	uranium mineralization

Fig.4-22 Interpretation map of images of Tranomaro area



0 50km
1:1,000,000

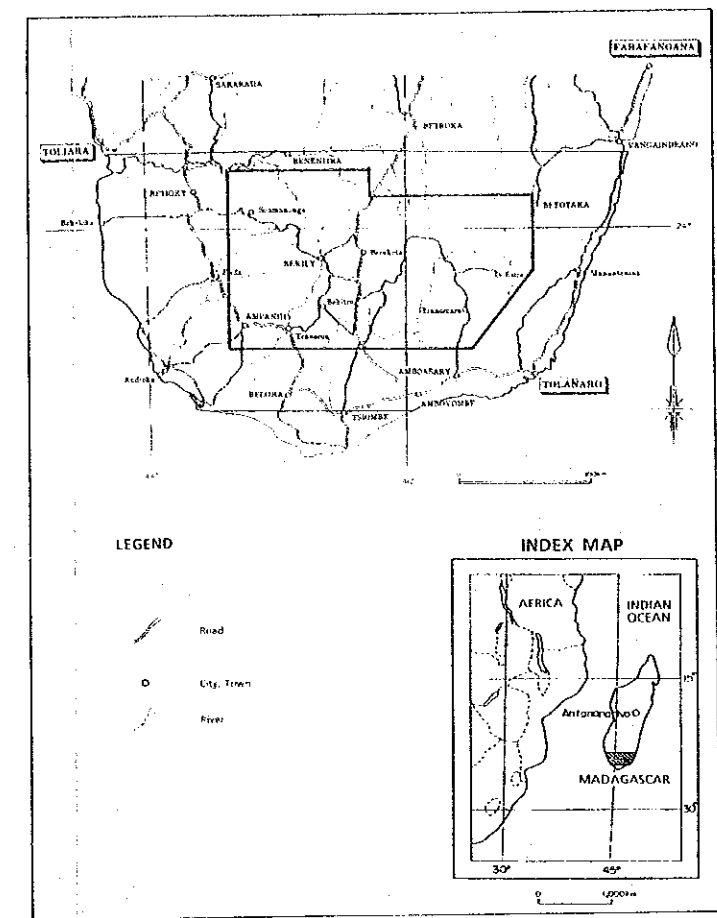
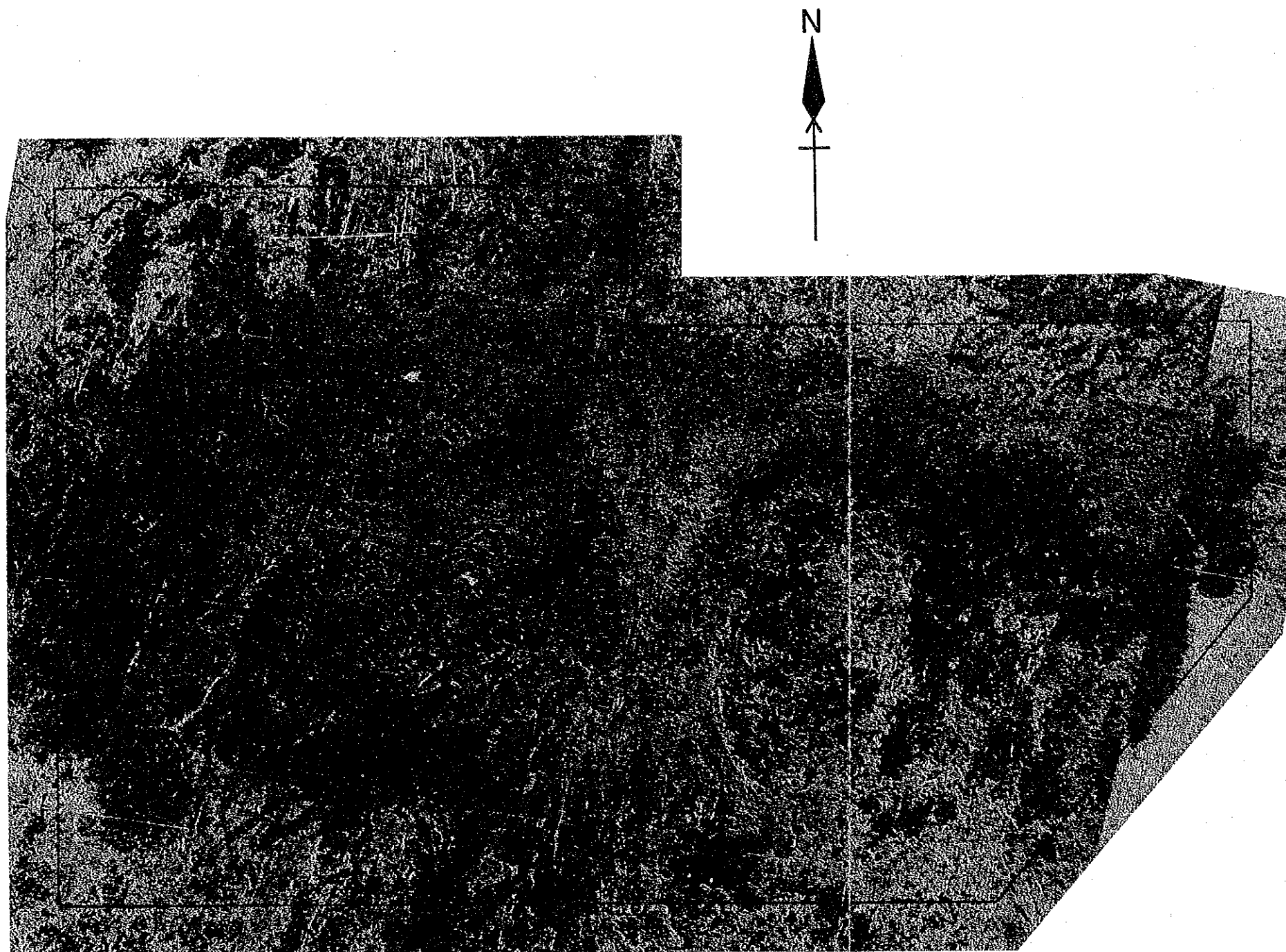


Fig.4-23 Mosaic of false color images of band 457=BGR



0 50km
1: 1,000,000

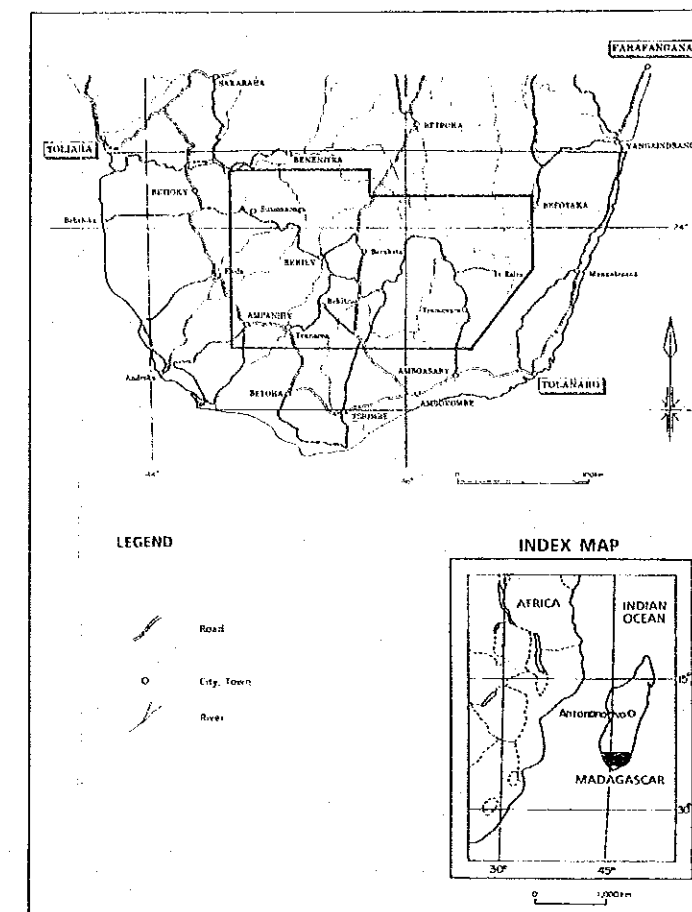
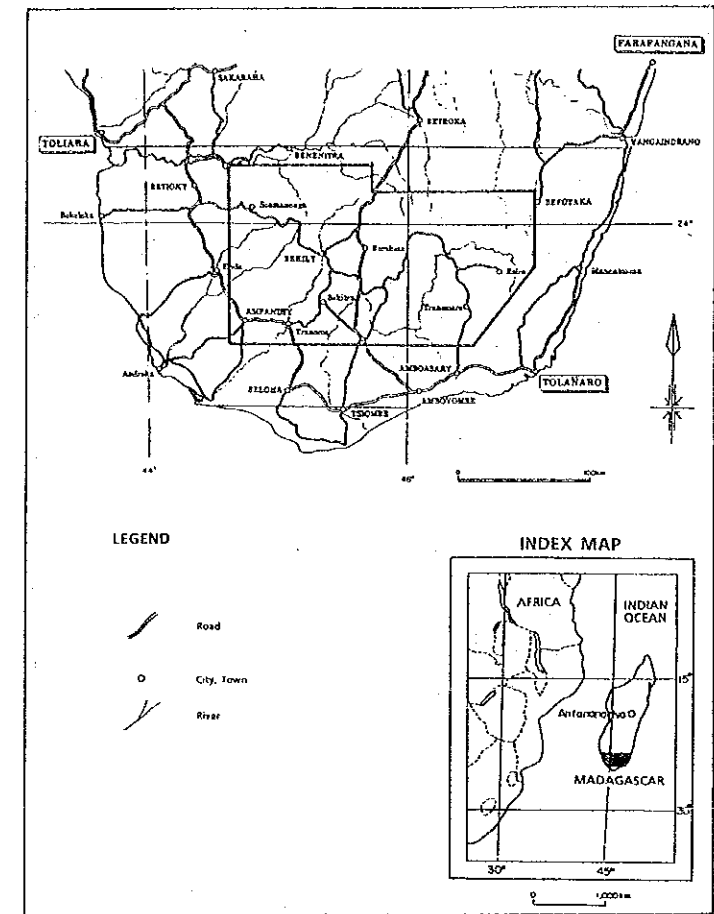


Fig.4-24 Mosaic of pseudo color images of babd5/band7 ratio



Interpreted units	Correlation with geologic map and rock types
Q3	alluvium
Q1	dune, alluvium
Q2	Asyria old dune
Q1	elevated white sand
Q1	Carapace sand
T1	Eocene marine facies
T1	Eocene marine facies, Carapace sand
Tc	Eocene marine facies, Cretaceous Quaternary
K11	Cretaceous (thyotis, delavaria, uachyia)
K11	
K12	Cretaceous (basak, labrodoria, sakalavia)
K1c	
K	Lower to Middle Cretaceous marine facies
J3	Middle to Upper Jurassic marine facies
J1	
J2	Lower Permian to lower Triassic continental facies
J1	
PC1	
PC2	Precambrian metamorphic rocks
PCc	
G11	Anasyrenes granite
G12	granite, migmatite
A	amphibolite
L	marble
S	quartzite
TA1	tonal anomaly
TA2	tonal anomaly
TA3	tonal anomaly
---	unit boundary
---	uncertain unit boundary
---	bedding trace or schistosity
T	strike and dip direction
+	anticline with direction of plunge
-	syncline with direction of plunge
---	fault (arrows on downthrown side)
---	Inferred fault
---	lineament
---	drainage
---	lake
---	cloud cover

Fig.4-25 Geologic interpretation map of LANDSAT TM false color images

第5章 結論と提言

5-1 結論

衛星画像判読図に、既存資料による鉱床及び鉱徴地の位置をプロットした図をFig. 5-1及びPL. 2に示す。本図から、既知鉱床・鉱徴の分布と衛星画像判読結果及び既存地質情報との関連について、以下のような規則性が見いだされる。

(1) 銅

当地域でこれまでに発見された銅鉱床は地域北東部の先カンブリア界と二畳系～三畳系下部との境界近傍の花崗岩体周辺に集中している。二畳系～三畳系下部の分布域はLANDSAT TMバンド5/7比の高いゾーンと一致する。さらに、銅鉱床の多くは、画像判読の結果推定された断層あるいはリニアメントの近傍に位置している。同様の地質条件を満たす地域として、既知鉱床分布域南の花崗岩体周辺があげられる。

(2) マンガン及び鉄

マンガン及び鉄鉱床の大部分は先カンブリア界の構造に平行に配列して分布しており、層準規制が働いていることは明白である。また、一部のマンガン鉱床は、地域南部の斜長岩の近傍に分布している。

(3) ウラノトリアナイト

ウラノトリアナイト鉱床は地域東部の花崗岩コンプレックスの西で花崗岩コンプレックスの形成する山岳地形の前面に分布する。

(4) チタン鉄鉱及びジルコン

チタン鉄鉱及びジルコン鉱床は、先カンブリア界の斜長岩中に分布する。

(5) カオリン

カオリン鉱床は地域南西の始新世海成層及び第四系中に分布する。始新世海成層及び第四系の分布域はTMバンド5/7比の異常帯にほぼ一致する。

5-2 第3年次への提言

本年度までの調査を通じ、マダガスカル南部地域には多種の鉱種の鉱床・鉱徴が発見され、資源賦存の可能性が高いものの、探鉱が十分になされていないため、現在のところ小規模な個人経営による鉱山を除き、開発は行われていないことが判明した。しかし、経済性を考慮した場合、広域的概査を第3年次に実施することは、必ずしも有効とは言えない。むしろ現時点で得られているデータから調査対象となる鉱種及び地域を絞り込み、効率的に調査を進めることが望ましい。既存資料の解析及び衛星画像解析の結果から、当地域で資源的価値が高いと考えられる鉱種は、金銀を伴う銅及びウラノトリアナイトである。これらの内、ウラノトリアナイトに関しては、既に主要鉱床は採掘が終了しており、アクセスの容易な新鉱床の探鉱余地はあまり無いものと判断される。従って、今後の探査は金銀を伴う銅鉱床を主目的として進められるべきである。以上の前提に基づき第3年次調査として、以下の調査を実施することを提言する。

(1) 衛星データ解析

既知鉱床の分布するSoamanonga地区から、その南の花崗岩体の分布する地域にかけて、断層及びリニアメントの抽出を目的とした衛星画像の解析を実施する。使用する画像データとしては、合成開口レーダーあるいは実体視が可能なSPOTデータが最も適している。

(2) 既存データ解析

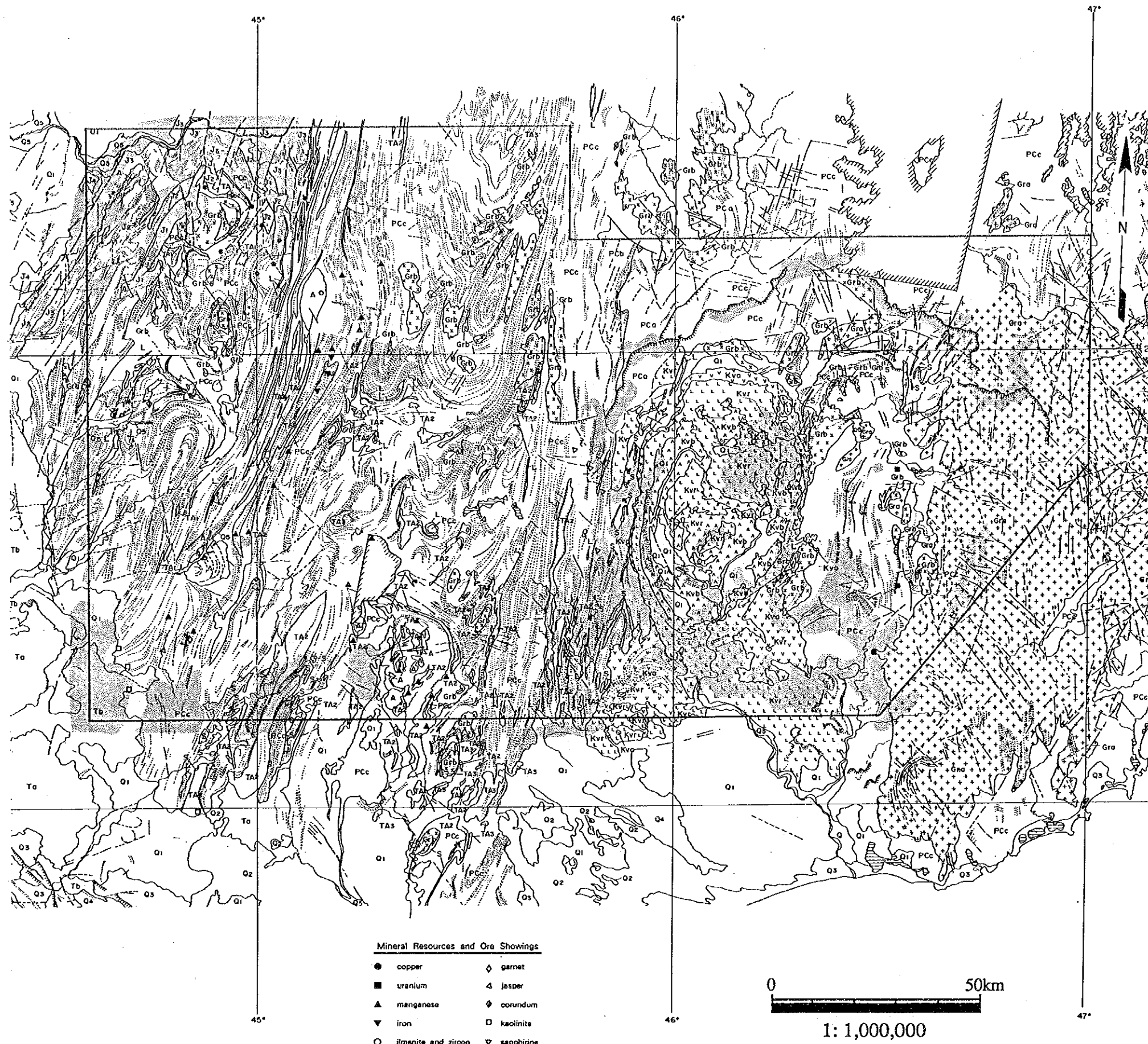
マダガスカル国内において、Soamanonga地区の地質及び鉱床に関する資料収集を実施し、本年度までの解析結果とあわせて考察を行い、現地調査に反映させる。

(3) 地質調査・地化学探査

Soamanonga地区及びその南の花崗岩体分布域を対象として、衛星データ解析と既存データ解析で得られた情報を現地で確認するとともに、岩石試料による地化学探査と地質調査を実施し、鉱床賦存有望地区を抽出する。

(4) 抽出されたTMバンド5/7比異常帯を対象としたグランドトルースチェック

調査地域東部の環状陥没構造沿い及びその内側に分布する複合火成岩体中に抽出されたTMバンド5/7比の異常帯を対象として、現地調査による事実確認を行い、鉍化作用との関連性の有無を評価する。

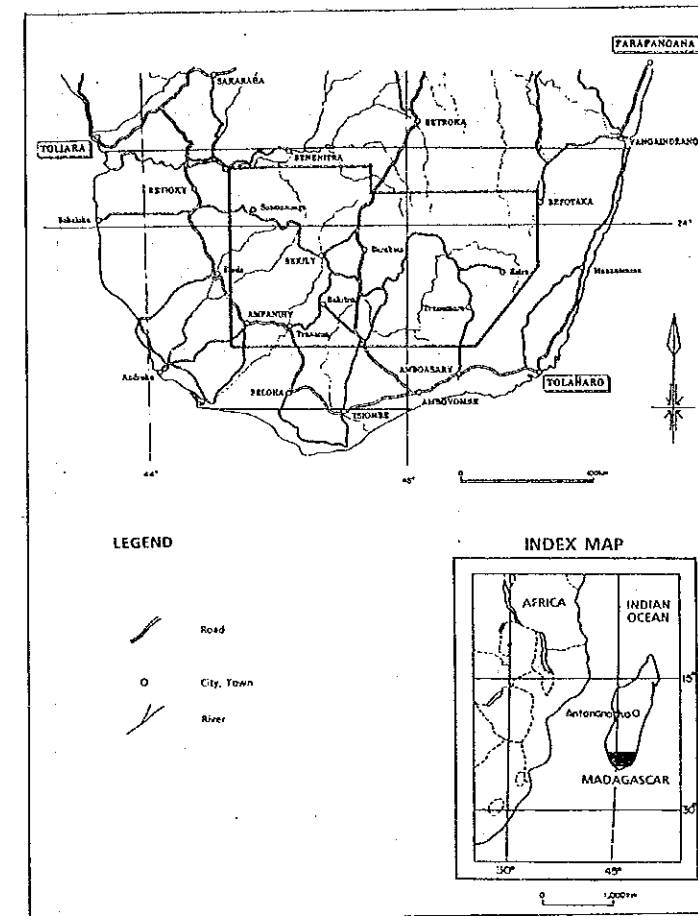


Mineral Resources and Ore Showings

- copper
- uranium
- ▲ manganese
- ▼ iron
- ilmenite and zircon
- ◇ garnet
- △ jasper
- ◇ corundum
- kaolinite
- ▽ sapphirine

0 50km

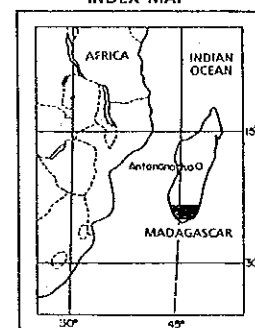
1: 1,000,000



LEGEND

- Road
- City, Town
- River

INDEX MAP



LEGEND

Interpreted units	Correlation with geologic map and rock types
Q1	alluvium
Q1	dune, alluvium
Q1	Aspyrria old dune
Q1	shaded white sand
Q1	Carapoo sand
T1	Eocene marine facies
T1	Eocene marine facies, Carapoo sand
T1	Eocene marine facies, Clavier Outwash
K11	Cretaceous (rhyolite, dolerite, trachyte)
K11	
K11	Cretaceous (basalt, labradorite, saskawite)
K11	
K	Lower to Middle Cretaceous marine facies
J1	Middle to Upper Jurassic marine facies
J1	
J1	Lower Permian to Lower Triassic continental facies
J1	
J1	
P.C1	Precambrian metamorphic rocks
P.C1	
P.C1	
G1	Arasanyne granite
G1	granite, migmatite
A	amphibolite
L	marble
S	quartzite
TA1	tonal anomaly
TA1	tonal anomaly
TA1	tonal anomaly
—	unit boundary
---	uncertain unit boundary
...	bedding trace or schistosity
+	strike and dip direction
↗	anticline with direction of plunge
↖	syncline with direction of plunge
---	fault (barbs on downthrown side)
---	inferred fault
---	lineament
---	drainage
○	lake
☁	cloud cover
...	anomaly of TM 5/T ratio

Survey area of second phase

Fig.5-1 Integrated map of image analyses

